

PENGARUH PENGEKANGAN TERHADAP BEBAN MAKSIMUM PADA BENDA UJI KUBUS DAN SILINDER MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Fitriani Ridzeki

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB
Jl. Adhyaksa No. 2 Kayu Tangi Banjarmasin

ABSTRACT

At the beginning of the Covid-19 pandemic and implementing Large-Scale Social Restrictions or PSBB, many structural laboratories also closed their activities. At the same time, some construction work still had to run. For construction services to continue to exist, it is necessary to adapt the information, technology, communication, and data management departments.

The compressive strength test of concrete using confined cubes and cylinders has been carried out using the finite element method. The test object is a cube of 15 cm × 15 cm × 15 cm and a cube of 20 cm × 20 cm × 20 with 5 cm stirrups and a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm, which is restrained by a stirrup distance of 5 cm and 10 cm. One way to get reinforced concrete material that is sufficiently pliable is to provide confinement to the concrete. Confinement is the most effective solution in increasing the ductility (μ) and strain (ϵ_c) of concrete. So that the research carried out is testing the compressive strength of concrete on cubes and cylinders that are given restraints to get the maximum load value that occurs.

The effect of restraint on the cube test object is the stirrup distance which affects the maximum load value, the closer the distance between the stirrups, the greater the maximum load value. Meanwhile, the cylindrical cross-section with square restraints does not affect the maximum load value.

Keywords: maximum load, compressive strength, restrained, the test object

ABSTRAK

Awal masa pandemi covid-19 dan diterapkannya Pembatasan Sosial Berskala Besar atau PSBB, banyak laboratorium struktur yang juga meliburkan aktivitasnya sedangkan ada beberapa pekerjaan konstruksi yang tetap harus berjalan. Agar jasa konstruksi bisa terus berdiri maka diperlukan adaptasi dibagian informasi, teknologi, komunikasi dan manajemen data.

Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji kubus dan silinder yang terkekang telah dilakukan menggunakan metode elemen hingga. Benda uji kubus 15 cm × 15 cm × 15 cm dan kubus 20 cm × 20 cm × 20 jarak sengkang 5 cm dan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang terkekang dengan jarak sengkang 5 cm dan 10 cm. Salah satu cara untuk mendapatkan material beton bertulang yang cukup daktil adalah dengan memberikan pengekangan pada beton (confinement). Pengekangan merupakan solusi yang paling efektif dalam meningkatkan daktilitas (μ) dan regangan beton (ϵ_c). Sehingga penelitian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan beton pada benda uji kubus dan silinder yang diberi pengekangan untuk mendapatkan nilai beban maksimum yang terjadi.

Pengaruh pengekangan terhadap benda uji kubus adalah jarak sengkang yang mempengaruhi nilai beban maksimum, semakin rapat jarak antar sengkang maka nilai beban maksimum semakin besar. Sedangkan pada benda uji silinder jarak sengkang dengan pengekangan persegi tidak mempengaruhi nilai beban maksimum.

Kata-kata kunci: beban maksimum, kuat tekan, terkekang, benda uji

*Correspondence: Fitriani Ridzeki
Email: fitrianiiridzeki@yahoo.com*

1 PENDAHULUAN

Wabah virus corona atau covid-19 tidak hanya berdampak pada kesehatan tapi juga pada pekerjaan konstruksi. Tantangannya adalah pada tahap pengendalian mutu atau *Quality Control* yaitu pengujian kuat tekan beton. Pada awal masa pandemi dan diterapkannya Pembatasan Sosial Berskala Besar atau PSBB, banyak laboratorium struktur yang juga meliburkan aktivitasnya sedangkan ada beberapa pekerjaan konstruksi yang tetap harus berjalan. Agar jasa konstruksi bisa terus berdiri maka diperlukan adaptasi dibagian informasi, teknologi, komunikasi dan manajemen data.

Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum f_c dengan satuan N/mm² atau MPa. Kuat tekan beton normal berumur 28 hari berkisar di antara 10 da 65 MPa. Struktur beton bertulang umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan berkisar di antara 17 dan 30 MPa, sedangkan untuk beton prategang digunakan beton dengan kuat tekan yang lebih tinggi, yaitu dari 30 sampai 45 MPa. Untuk keadaan dan keperluan struktur khusus, beton *readymix* sanggup mencapai kuat tekan 62 MPa (MacGregor, 1997).

Perhitungan kuat tekan beton menggunakan persamaan:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Dimana:

f_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban hancur (N)

A = luas penampang (mm²)

Menurut Lumantara (2005) dan Hoedjanto (2005) perancangan gempa pada saat ini hanya menitikberatkan pada *life safety* atau keselamatan jiwa. Sehingga yang terjadi ketika gempa yang sangat kuat melanda suatu bangunan, korban jiwa dapat diperkecil karena bangunan tidak mengalami keruntuhan. Akan tetapi kerusakan struktur yang sedemikian beratnya menyebabkan gedung tidak dapat diperbaiki sehingga apabila fungsi gedung tersebut adalah penting

seperti rumah sakit, gedung pemerintahan maka kegiatan dalam gedung tersebut akan terhenti. Oleh karena itu diperlukan sebuah desain bangunan tahan gempa yang lebih memperhatikan tingkat kinerja bangunan setelah menerima beban gempa dalam hal ini adalah daktilitas *displacement* struktur bangunan tersebut, yang bisa diperoleh dari pengujian tegangan dan regangan benda uji untuk mewakili sebuah struktur.

Pengekangan merupakan solusi yang paling efektif dalam meningkatkan daktilitas (μ) dan regangan beton (ϵ_c). Pengaturan tulangan longitudinal dan transversal dalam pendetailan tulangan struktur bangunan dapat mempengaruhi kekuatan dan daktilitas struktur bangunan tersebut. Sehingga penelitian yang akan dilakukan adalah pengujian kuat tekan beton pada benda uji kubus dan silinder yang diberi pengekangan untuk mendapatkan pengaruh dari variasi pembebanan.

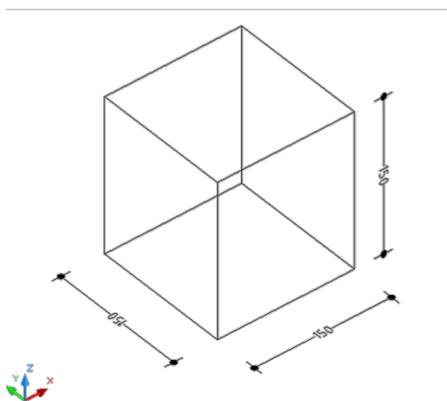
Beton bertulang akan meningkat kekuatannya apabila dilakukan pengekangan. Pada umumnya pengekangan dilakukan menggunakan sengkang (tulangan transversal), baik itu yang berbentuk segi empat maupun yang berbentuk spiral. Hasil pengujian dari berbagai peneliti sebelumnya telah menunjukkan bahwa pengekangan oleh tulangan transversal sangat mempengaruhi karakteristik atau perilaku tegangan-regangan beton (Park dan Paulay, 1975). Banyak peneliti seperti Kent dan Park, Sheikh dan Uzumeri, Ravzi dan Saatcioglu, Legeron dan Paultre, Mander, Chan dan Blume, Baker, Roy dan Sozen, Soliman dan Yu, Sargin, dan lainnya telah mengusulkan berbagai bentuk kurva tegangan-regangan beton yang dikekang (Abisetoyo, 2009).

2 METODE PENELITIAN

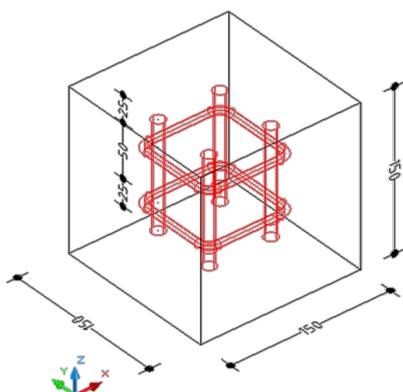
Model eksperimen beton mutu normal dengan pengaruh pengekangan akan dimodelkan berdasarkan variasi bentuk, penulangan dan pengekangan. Analisa model kubus dan silinder beton ini menggunakan *finite elemen analysis* dengan bantuan *software ANSYS ED.9.0*. Hasil *output* dalam program ANSYS ED.9.0. berupa *list variabel*, *graph variabel*, *nodal solution*, *meshing*, dan

countour plot. Model beton mutu normal pada spesimen dimodelkan menggunakan material *SOLID65*. Sedangkan model baja tulangan menggunakan material *LINK8*. Nilai tegangan dan regangan baja tulangan diperoleh berdasarkan dari perhitungan matematik menggunakan usulan Park dan Paulay (1975). Model tumpuan perletakan menggunakan model material *SOLID45* dan model ini diasumsikan bersifat linier.

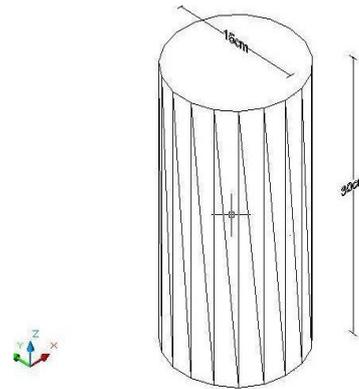
Tahap awal pada penelitian ini adalah membuat pemodelan, pemodelan langsung dibuat pada *software* ANSYS ED. 9.0. Gambar 3.1 adalah model eksperimen yang digunakan sebagai pembanding. Nilai f_c' yang digunakan pada *software* ANSYS ED. 9.0 adalah hasil perhitungan yang kemudian divalidasikan dan diimplementasikan untuk penelitian ini. Mutu beton (f_c') yang digunakan pada validasi data (hasil uji eksperimental yang akan dicapai pada uji laboratorium).



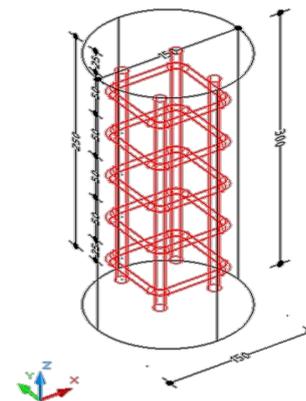
Gambar 3.1 Benda Uji Kubus 150 mm × 150 mm × 150 mm



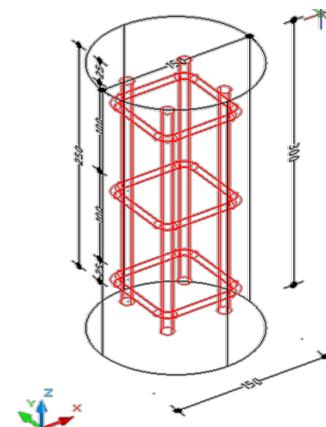
Gambar 3.2 Benda Uji Kubus 150 mm × 150 mm dengan Jarak Sengkang 50 mm



Gambar 3.3 Benda Uji Silinder Diameter 150 mm dan Tinggi 300 mm



Gambar 3.4 Benda Uji Silinder Diameter 150 mm dan Tinggi 300 mm Jarak Sengkang 50 mm



Gambar 3.5 Benda Uji Silinder Diameter 150 mm dan Tinggi 300 mm Jarak Sengkang 100 mm

Penelitian ini adalah membuat model eksperimen dengan *software* ANSYS ED. 9.0 dengan data yang diinput dari hasil uji

eksperimental laboratorium. Pemodelan spesimen beton kemudian dianalisis dan hasil analisisnya dibandingkan dengan hasil uji eksperimental tersebut. Apabila hasil sudah tervalidasi kemudian dilanjutkan dengan implementasi model dengan variasi bentuk kubus, penulangan dan pengekangan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji numerik pemodelan elemen hingga menggunakan

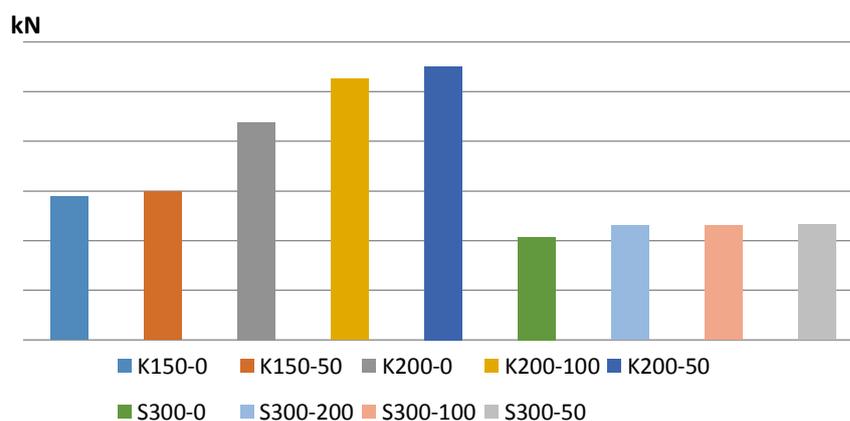
program ANSYS ED.9.0 diperoleh beban maksimum masing-masing benda uji pada kondisi mutu beton (f_c') 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa dan bentuk kubus dimensi 150 mm × 150 mm, 200 mm × 200 mm dan silinder diameter 150 mm tinggi 300 mm tak terkekang dan terkekang pada jarak sengkang vertikal 50 mm, 100 mm dan 200 mm seperti tercantum pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Nilai Beban, Deformasi, Tegangan dan Regangan pada Kondisi Maksimum Hasil Pemodelan Spesimen Menggunakan ANSYS ED.9.0

No	Model	Kondisi Maksimum			
		P_u (kN)	Δ_u (mm)	σ_u (N/mm ²)	ϵ_u (%)
1	K150-0-20	288,85	0,12	12,84	0,95
2	K150-50-20	299,25	0,12	13,30	0,86
3	K200-0-20	438,37	0,16	10,96	1,24
4	K200-100-20	525,30	0,16	13,13	1,08
5	K200-50-20	550,49	0,35	13,76	2,47
6	S300-0-20	207,02	0,22	11,72	1,71
7	S300-200-20	229,72	0,22	13,01	1,58
8	S300-100-20	229,75	0,22	13,01	1,59
9	S300-50-20	232,19	0,22	13,15	1,61

Perhitungan beban maksimum yang terjadi pada model menggunakan metode

elemen hingga ANSYS ED.9.0 untuk $f_c' = 20$ MPa seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Perbandingan Beban Maksimum Mode

Berdasarkan grafik perbandingan beban maksimum terhadap model sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Beban yang paling besar diterima oleh spesimen bentuk

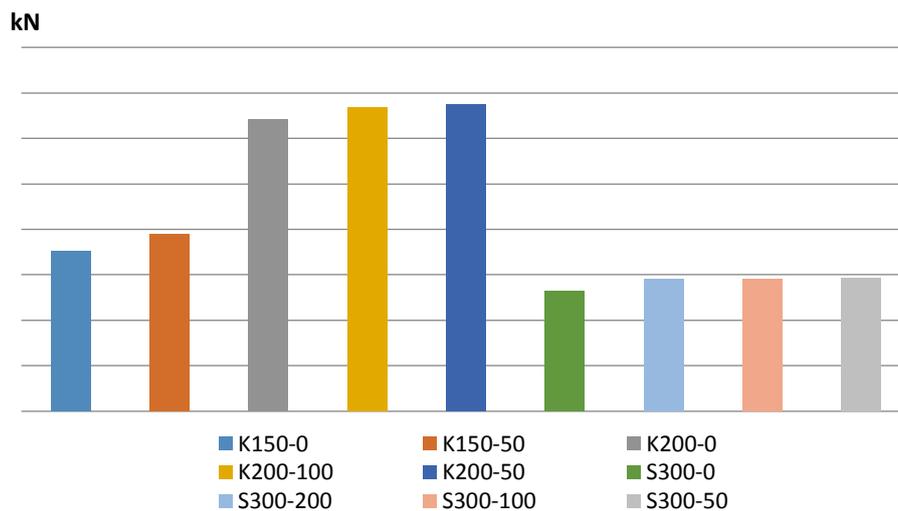
kubus dengan dimensi 200 mm × 200 mm dengan jarak sengkang vertikal 50 mm yaitu 550,49 kN.

Tabel 4.3 Nilai Beban, Deformasi, Tegangan dan Regangan pada Kondisi Maksimum Hasil Pemodelan Spesimen Menggunakan ANSYS ED.9.0

No	Model	Kondisi Maksimum			
		P_u (kN)	Δ_u (mm)	σ_u (N/mm ²)	ϵ_u (%)
1	K150-0-25	353,06	0,12	15,69	0,71
2	K150-50-25	388,90	0,13	17,28	0,72
3	K200-0-25	640,58	0,17	16,01	0,97
4	K200-100-25	668,88	0,17	16,72	0,93
5	K200-50-25	674,64	0,20	16,87	1,12
6	S300-0-25	264,37	0,23	14,97	1,42
7	S300-200-25	289,60	0,23	16,40	1,36
8	S300-100-25	289,60	0,23	16,40	1,36
9	S300-50-25	292,16	0,24	16,54	1,38

Perhitungan beban maksimum yang terjadi pada model menggunakan metode elemen

hingga ANSYS ED.9.0. untuk $f_c' = 25$ MPa seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Perbandingan Beban Maksimum Model

Berdasarkan grafik perbandingan beban maksimum terhadap model sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Beban yang paling besar diterima oleh spesimen bentuk

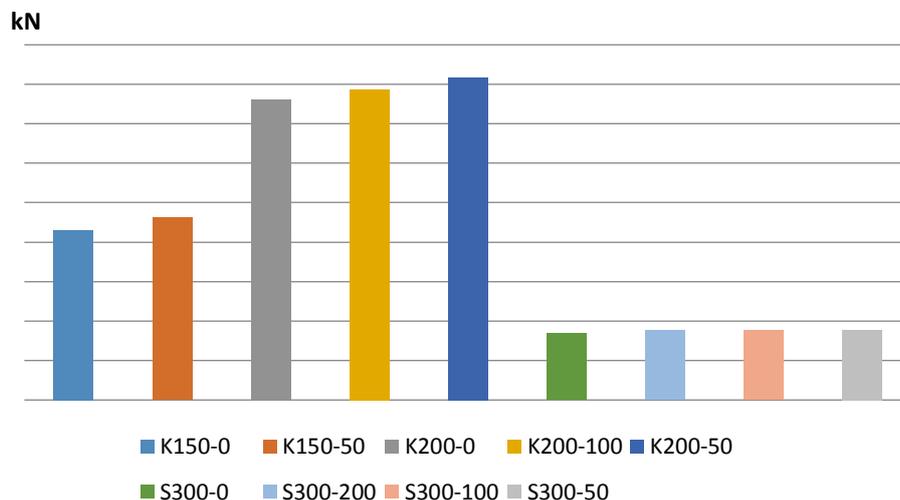
kubus dengan dimensi 200 mm × 200 mm × 200 mm dengan jarak sengkang vertikal 50 mm yaitu 674,64 kN.

Tabel 4.5 Nilai Beban, Deformasi, Tegangan dan Regangan pada Kondisi Maksimum Hasil Pemodelan Spesimen Menggunakan ANSYS ED.9.0

No	Model	Kondisi Maksimum			
		P_u (kN)	Δ_u (mm)	σ_u (N/mm ²)	ϵ_u (%)
1	K150-0-30	430,45	0,16	19,13	0,59
2	K150-50-30	461,85	0,16	20,53	0,59
3	K200-0-30	760,62	0,17	19,02	0,79
4	K200-100-30	786,69	0,17	19,67	0,79
5	K200-50-30	817,34	0,17	20,43	0,83
6	S300-0-30	169,14	0,23	19,15	1,11
7	S300-200-30	175,91	0,24	19,92	1,14
8	S300-100-30	176,37	0,24	19,97	1,14
9	S300-50-30	178,07	0,24	20,16	1,10

Perhitungan beban maksimum yang terjadi pada model menggunakan metode elemen

hingga ANSYS ED.9.0. untuk $f_c' = 30$ MPa seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Perbandingan Beban Maksimum Model

Berdasarkan grafik perbandingan beban maksimum terhadap model sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Beban yang paling besar diterima oleh spesimen bentuk kubus dengan dimensi 200 mm × 200 mm dengan jarak sengkang vertikal 50 mm yaitu 817,34 kN.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada benda uji kubus dan silinder dengan variasi jarak sengkang 50 mm, 100 mm dan benda uji tanpa sengkang dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh pengekanan terhadap benda uji kubus adalah jarak sengkang yang mempengaruhi nilai beban maksimum, semakin rapat jarak antar sengkang maka

nilai beban maksimum semakin besar, tegangan maksimum juga semakin besar sedangkan nilai regangan semakin kecil. Sedangkan pada benda uji silinder jarak sengkang dengan pengekangan persegi tidak

- mempengaruhi nilai beban maksimum, tegangan dan regangannya.
- Perbandingan kuat tekan benda uji kubus dan silinder hasil pengujian ANSYS ED.9.0. terhadap rasio kuat tekan benda uji tak terkekang pada PBI 1971.

Tabel 5.1 Nilai Rasio Kuat Tekan Model Kubus dan Silinder

No	Benda Uji	Perbandingan Kuat Tekan			PBI 1971
		ANSYS $f_c' = 20$ MPa	ANSYS $f_c' = 25$ MPa	ANSYS $f_c' = 30$ MPa	
<i>Tak Terkekang</i>					
1	K150-0-20	1,00	1,00	1,00	1,00
2	K200-0-20	0,85	1,02	0,99	0,95
3	S300-0-20	0,91	0,95	1,00	0,83
<i>Terkekang</i>					
1	K150-50-20	1,00	1,00	1,00	
2	K200-50-20	1,03	0,98	1,00	
3	S300-50-20	0,99	0,96	0,98	

Dalam penelitian ini terdapat beberapa yang perlu dilakukan kajian lebih dalam. Model simulasi dengan bentuk silinder yang tertekang dengan pola pengekangan persegi ternyata tidak terlalu mempengaruhi nilai tegangan dan regangannya. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan pola pengekangan spiral.

- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta. Gramedia Pustaka Utama.
- Nawy, Edward G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung. PT. Refika Aditama.
- Park, R. dan T. Paulay. 1975. *Reinforced Concrete Structures*. John Willey & Sons. New York, US.

DAFTAR RUJUKAN

- Abisetyo, Windunoto. 2009. *Studi Pengaruh Pengekangan pada Balok Beton Bertulangan Rangkap dengan Unified Theory*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- ANSYS. 1999. *ANSYS User's Manual Revision 5.6*, ANSYS, Inc., Canonsburg, Pennsylvania.
- ASTM C39-94. 1996. *Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM Standards: Concrete and Aggregates, V.04.02., Philadelphia